

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Аннотация. Камнелитая плитка широко используется в различных видах промышленности в качестве футеровки агрегатов и устройств, желобов, течек, бункеров и емкостей, для облицовки зданий и т.д. Это обусловлено тем, что камнелитое изделие имеет высокую устойчивость к истиранию, воздействию агрессивных сред и перепадам температур, высокую твердостью имеет антикоррозионные, диэлектрические и теплоизоляционные свойства, высокую сопротивляемость к истиранию и высокий предел прочности на сжатие.

В состав комплекса для термообработки камнелитых плит входит туннельная сушильная-прокалочная печь и кристаллизационно-отжиговая печь.

Были произведены следующие расчеты: предварительный теплотехнический расчет комплекса печей, расчет горения природного газа, теплотехнический и гидравлический расчет туннельных печей. В результате анализа полученных данных было составлено техническое задание на проектирование модернизации сушильно-прокалочной и кристаллизационно-отжиговой печи.

Ключевые слова: камнелитая плитка, сушильно-прокалочная печь, кристаллизационно-отжиговая печь, техническое задание.

Abstract. Stone-cast tiles are widely used in various industries as lining for units and devices, gutters, chutes, bunkers and containers, for facing buildings, etc. This is due to the fact that the stone-cast resistance to abrasion, exposure to aggressive media and drops, high compressive strength, anti-corrosion, dielectric and thermal insulation properties, high resistance to resistance.

The complex for the heat treatment of stone-cast slabs includes a tunnel drying-calcining furnace and a crystallization-annealing furnace.

The following calculations were made: preliminary heat engineering calculation of a set of furnaces, calculation of natural gas combustion, heat engineering and hydraulic calculation of tunnel furnaces. As a result of the analysis of the data, a technical assignment was drawn up for the design of the modernization of the drying-calcining and crystallization-annealing furnaces.

Key words: stone-cast tiles, drying-calcining furnace, crystallization-annealing furnace, technical assignment.

Камнелитая плитка является изделием, которое обладает высокой устойчивостью к истиранию, воздействию агрессивных сред и перепадам температур, высокой твердостью. Используется для футеровки сооружений промышленности и узлов, подвергающихся абразивному износу и воздействию агрессивных сред. Также обладает хорошими антикоррозионными свойствами в агрессивных средах, имеет высокую сопротивляемость к истиранию и высокий предел прочности на сжатие. Камнелитое изделие также используется в качестве диэлектриков и теплоизоляции [1].

Камнелитое изделие имеет широкую область применения. Используется в металлургическом производстве, энергетике, горно-обогатительной промышленности, химической и коксохимической, электротехнической,

строительной, пищевой промышленности, используется в строительном и коммунальном хозяйствах, дорожном строительстве и сельском хозяйстве [2].

Объектом исследования является комплекс туннельных печей для обработки камнелитых плиток. Целью исследования является реконструкция существующих туннельных печей для обработки камнелитых плиток для улучшения их тепловой работы, организации противоточного режима движения газов в рабочем пространстве и изменения способа перемещения материала. Для достижения цели необходимо определить предполагаемый перечень технических решений для улучшения тепловой работы печей, произвести обоснование предварительных технических решений с помощью различного рода расчетов и сформировать техническое задание на проектирование реконструкции печей.

Комплекс туннельных печей включает в себя: сушильно-прокалочную и кристаллизационно-отжиговую печи. Перед заливкой минерального расплава необходимо удалить физическую влагу форм, расположенных на тележках в сушильно-прокалочной печи. Для того, чтобы получить мелкодисперсную структуру требуется кристаллизация расплава, и медленный отжиг. Для этого формы с залитым расплавом после сушильно-прокалочной печи направляют в кристаллизационно-отжиговую. Обе печи имеют недостатки, которые оказывают негативное влияние на тепловую работу печей.

Недостатки сушильно-прокалочной печи:

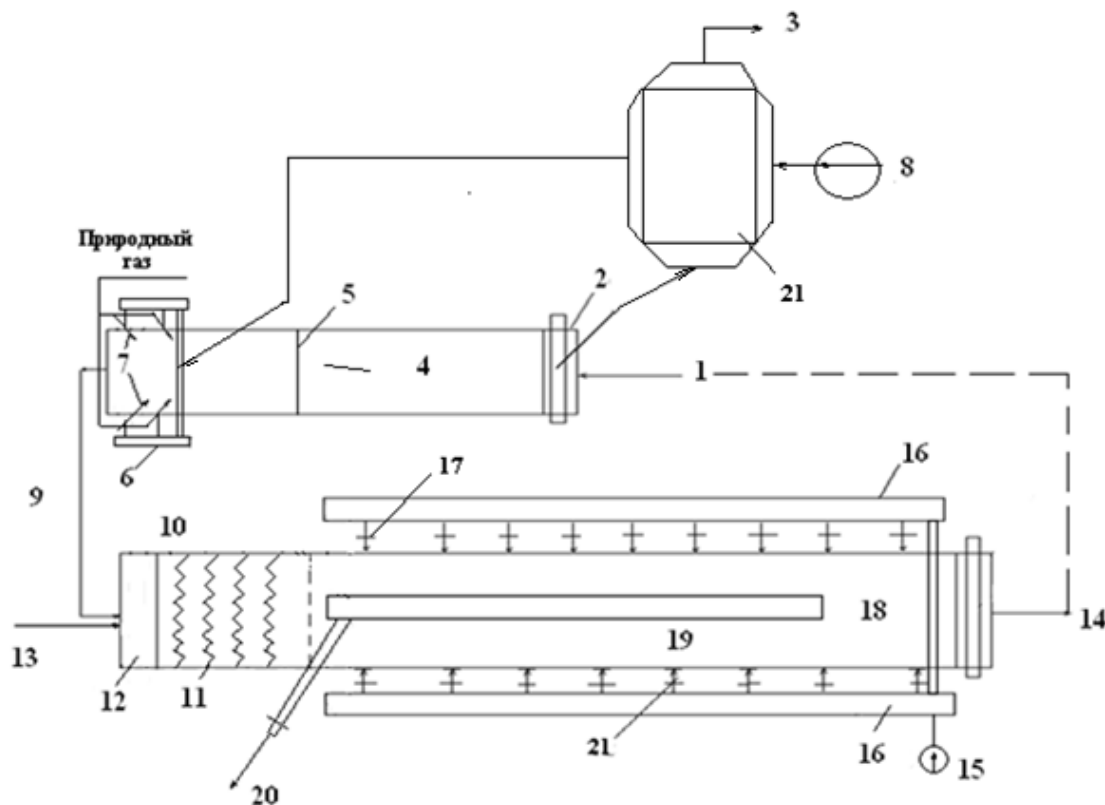
- отсутствие конвективной составляющей при нагреве (основной нагрев производится излучением);
- подсосы холодного воздуха и выбивание подогретого воздушного потока через подтележечное пространство и торцы печи приводят к снижению эффективности работы печи;
- агрессивное воздействие среды рабочего пространства на транспортную систему тележек;
- выброс отходящих газов из-за отсутствия аспирационных систем;

Недостатки кристаллизационно-отжиговой туннельной печи:

- подсосы холодного воздуха и выбивание подогретого воздушного потока через подтележечное пространство и торцы печи приводят к снижению эффективности работы печи;
- агрессивное воздействие среды рабочего пространства на транспортную систему тележек;
- в зоне отжига происходит неорганизованный выброс теплоты в виде горячей воды, которая не используется в технологии;
- большой выход брака и снижения тепловой эффективности печи, так как в зоне кристаллизации имеется существенная доля подсоса холодного воздуха.
- требуется эффективнее осуществлять отбор теплоты от тележек с залитыми формами.

Основываясь на результатах предварительного теплового расчета комплекса печей предложен комбинированный вариант перевода электрических печей на газовое отопление с возможностью создания гибкого управления тепловым режимом сушильно-прокалочной печи, модернизации электрического

отопления кристаллизационной зоны, управляемое охлаждение тележек с изделием в отжиговой зоне. Так же необходимо минимизировать потери тепла с поверхности печей в окружающую среду и установить требуемый набор КИП. Предложено изменить тележечный способ транспортировки форм и изделий на чугунные поддоны, перемещаемые гидравлическим толкателем (рис. 1).



- 1 – подача тележек с поддонами и формами; 2 – сборный коллектор газов из сушильно-прокалочной печи; 3 – отсос газов; 4 – сушильно-прокалочная печь; 5 – вертикальный разделительный шибер; 6 – распределительный коллектор воздуха на горение; 7 – горелочные устройства; 8 – подача вентиляторного воздуха; 9 – передача тележек; 10 – рекристаллизационная зона; 11 – электронагреватели; 12 – тамбур; 13 – заливка расплава; 14 – выход охлажденных тележек с поддонами, формами и изделиями; 15 – подача охлаждающего воздуха; 16 – распределительный коллектор воздушного дутья с шиберами; 17 – воздушные фурмы; 18 – сборный коллектор горячего воздуха; 19 – зона отжига; 20 – сброс горячего воздуха; 21 – рекуператор.

Рис. 1. Рациональная схема модернизации туннельных печей

Поддоны с земляными формами поступают в сушильно-прокалочную печь, проходя через отсечной тамбур, который способствует минимизации подсоса холодного воздуха и выбивания газов. Формируемый в горелочных устройствах горячий теплоноситель движется навстречу нагреваемым формам. Воздух в горелочное устройство подается с помощью вентилятора через рекуператор в

распределительный коллектор. Отходящие газы собираются в сборном коллекторе на входе печи, отводятся через рекуператор в атмосферу с использованием дымососа и трубы.

Нагретые поддоны с земляными формами на тележках поступают с помощью передаточного транспортера в заливочный тамбур в зоне кристаллизации, где минеральный расплав при температуре порядка 1400 °С заливается в форму. В кристаллизационной зоне обеспечивается поддержание температуры в пределах 850-900 °С с использованием электрических нагревателей, которые расположены вблизи форм с минеральным расплавом.

Затем тележки поступают в зону отжига, где происходит постепенное охлаждение изделий. Для этого в рабочее пространство отжиговой зоны подают холодный воздух, подаваемый вентилятором через распределительные коллектора и фурмы с регулирующими шиберами. Отходящий воздух собирается в сборный коллектор через сводовые патрубки, после чего утилизируется. Тележки, выпускаемые из зоны отжига, требуют доохлаждения и разборки.

В результате тепловых и гидравлических расчетов были составлены технические задания на проектирование модернизации комплекса туннельных печей для производства камнелитых плиток.

В сушильно-прокалочной печи предлагается перевести отопление с электроэнергии на природный газ. С этой целью следует установить на боковой поверхности стен печи шесть горелочных устройств типа ТГЦ-30 с общим расходом газа до 68,75 м³/ч давлением не менее 10 кПа в шахматном порядке для обеспечения равномерности прогрева нагреваемых объектов. Подача воздуха на горелки производится от отдельного радиального вентилятора типа В-Ц6-20-8-01. Забор чистого воздуха предполагается из атмосферы цеха или из-за его пределов. Общий расход воздуха на печь составит 2009,08 м³/ч при давлении 10752 Па. Вентилятор имеет производительность до 4000-9500 м³/ч, полное давление в интервале 12000-10500 Па при частоте вращения 2945 об./мин. Мощность двигателя 45 кВт.

Подача воздушного дутья производится в пластинчатый рекуператор с общей поверхностью теплообмена 167,9 м² стальной трубой диаметром 273 мм. Воздух подогревается до температуры 184 °С и поступает в распределительный коллектор по трубопроводу диаметром 400 мм. Затем происходит распределение подогретого воздуха по горелкам по трубопроводу.

Отходящие газы отбираются из рабочего пространства при помощи поперечного коллектора на входе изделий в печь с размещением отборных мест с ее боковых сторон в нижней части на уровне поддонов и форм. Коллектор имеет размер около 400 мм. Общая сборная труба имеет диаметр не менее 600 мм. Транспортирование дымовых газов на выброс в атмосферу производится дымососом типа ВЦ4-75-5, обеспечивающего производительность в пределах 2340-4800 м³/ч при полном разрежении 349-180 Па при частоте вращения вентилятора 1000 об./мин, мощности двигателя 0,55 кВт массой 74 кг в трубу.

В сушильно-прокалочной печи требуется установка волокнистой плиточной теплоизоляции с толщиной более 50 мм. Для уменьшения выбиваний газов из

рабочего пространства требуется на входе в печь предусмотреть сужающий тамбур. Необходимо сделать более плотную конструкцию выходной дверной задвижки. Требуется предусмотреть измерение расхода природного газа и воздуха на горелки и в целом на зону (или разместить датчики давления газа типа Сапфир), регулирование соотношения воздух-газ на каждую горелку, предусмотреть стандартные блокировки по газу. Так же необходимо предусмотреть контроль температуры в рабочем пространстве по длине печи. Для предотвращения образования влаги необходимо осуществлять обязательный контроль температуры в отводящем патрубке. Термопары типа ТХА с рабочей температурой 1000 °С располагаются на верхней части свода на входе, выходе и предположительном месте завершения процесса влагоудаления печи

В зоне кристаллизации необходимо снизить свод до 100 мм от залитых изделий с равномерным размещением электрических нагревателей по всей длине зоны. Общая тепловая мощность используемых нагревателей составляет не менее 192,51 кВт. Требуется установка волокнистой теплоизоляции с толщиной более 50 мм. Так же необходимо осуществить контроль и регулирование расхода электроэнергии по зонам при их общем количестве не менее 5 и контролировать уровень температур в рабочем пространстве как минимум в трех точках: на выходе из зоны, посередине и на входе в нее.

В зоне отжига подача холодного дутья расходом до 1398,94 м³/ч при давлении не менее 421,49 Па осуществляется отдельным вентилятором типа ДН-5, имеющий производительность 2500 м³/ч, уровень создаваемого давления до 690 Па. Он имеет максимальный КПД 83 % при частоте вращения 1500 об./мин. Подача воздуха осуществляется первоначально в поперечный распределительный коллектор из стальной трубы диаметром не менее 320 мм, а далее в распределительную трубу по длине зоны этого же диаметра и имеющего 8 отверстий диаметром 100 мм. Каждая фурма должна обеспечиваться регулировочным шибером отсечного типа.

Отвод горячего воздуха из зоны отжига производится через 8 сводовых отверстий диаметром 150 мм расположенных равномерно по длине зоны. Каждый отвод должен иметь регулировочный шибер отсечного типа. Для удаления горячего воздуха предлагается использовать вентилятор ДН-5. Требуется установка волокнистой теплоизоляции с толщиной более 50 мм. Так же в зоне отжига необходимо осуществлять контроль расхода (давления) воздуха на зону, давления в отсасывающих патрубках, через каждые 2 м длины рабочего пространства необходим контроль температуры с выводом их показаний на приказывающий прибор. Необходимо предусмотреть блокировка по отсутствию нагреваемых изделий в печи.

Сравнение характеристик комплекса печи до модернизации и после представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение характеристик комплекса печей

Характеристика	До модернизации	После модернизации
Теплообмен в сушильно-прокалочной печи	Только излучением	Излучение, конвекция
Движение газов и материалов в сушильно-прокалочной печи		Противоточное
Отопление печи	Электрическое	В сушильно-прокалочной печи газовое, а в кристаллизационно-отжиговой печи электрическое.
Способ транспортировки форм и изделий	Тележечный способ	Чугунные поддоны, перемещаемые гидравлическим толкателем
Аспирационные системы	Отсутствуют	Предусмотрен сборный коллектор на выходе печи. Отходящие газы отводятся через рекуператор в атмосферу с использованием дымососа и трубы.
Подсосы холодного воздуха и выбивания подогретого через подтележечное пространство и торцы печи	Имеются	Предусмотрен отсечной тамбур
Неуправляемое охлаждение тележек с изделием в зоне отжига	Имеется	Отсутствует

Список использованных источников

1. Технология литья: учебное пособие / В.Г. Кузнецов, Ф.А. Гарифуллин, Г.С. Дьяконов; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. – 148 с.
2. Первоуральский завод горного оборудования [Электронный ресурс]. <https://pzgo.ru/plitka-kamnelitaya-ppt/> (дата обращения 11.06.2020).